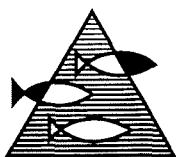


# PROSJEKTRAPPORT

ISSN 0071-5638



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesparken 2 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Fax: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen

Flødevigen

4817 His

Tlf.: 37 01 05 80

Fax: 37 01 05 15

Austevoll

Havbruksstasjon

5392 Storebø

Tlf.: 56 18 03 42

Fax: 56 18 03 98

Matre

Havbruksstasjon

5198 Matredal

Tlf.: 56 36 60 40

Fax: 56 36 61 43

Distribusjon:

ÅPEN

HI-prosjektnr.:

01.09

Oppdragsgiver(e):

Fiskeridepartementet

Statens forurensningstilsyn

(SFT)

NorskeFiskeoppdretteres

Forening (NFF)

Oppdragsgivers referanse:

Rapport:

FISKEN OG HAVET

NR. 12 - 1995

Tittel:

BRUKERVEILEDNING OG MILJØSTANDARDE  
FOR OVERVÅKNINGSPROGRAM I OPPDRETT  
MOM (MODELLERING - OVERVÅKNING - MATFISKANLEGG)

Senter:

Havbruk

Seksjon:

Helse og sykdom

Forfatter(e):

Arne Ervik, Pia Kupka Hansen, Jan Aure  
Per Johannessen (UiB), Terje Jahnsen (F.dir.)  
og Morten Schaaning (NIVA)

Antall sider, vedlegg inkl.:

32

Dato:

19.05.1995

Sammendrag:


MOM er et system som kan brukes til å regulere miljøvirkningene fra oppdrettsanlegg etter bæreevnen i området. Systemet består av grenseverdier for akseptabel påvirkning, et standardisert overvåkningsprogram og en simuleringsmodell som kan beregne miljøvirkning. Rapporten presenterer første versjon av forslag til grenseverdier for påvirkning (miljøstandarder) og veiledning for overvåkning. Den gir også en oversikt over de ulike områdene som blir påvirket, og hvilke miljøstandarder som kan anvendes i disse områdene. Miljøstandardene og overvåkningsprogrammet vil bli prøvd ut i løpet av 1995 og 1996.

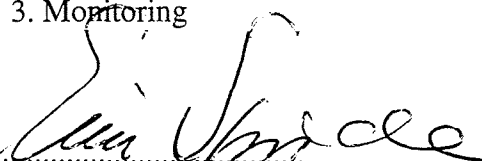
Emneord - norsk:

1. Oppdrettsanlegg
2. Miljøvirkning
3. Overvåkning

Emneord - engelsk:

1. Fish farm
2. Environmental impact
3. Monitoring

  
Prosjektleder

  
Seksjonsleder

K 3626



# BRUKERVEILEDNING OG MILJØSTANDARDER FOR OVERVÅKNINGSPROGRAM I OPPDRETT

MOM (MODELLERING - OVERVÅKNING - MATFISKANLEGG)

Av

Arne Ervik

Pia Kupka Hansen

Jan Aure

Per Johannessen (Univ. i Bergen)

Terje Jahnsen (Fiskeridirektoratet)

Morten Schaaning (NIVA)

Innen utgangen av 1995 vil der foreligge en rapport som beskriver hele MOM-systemet. En oppdatert versjon av den foreliggende rapporten vil bli inkludert i denne.



## SAMMENDRAG

Rapporten beskriver et overvåkningsprogram for fiskeoppdrett som er en del av et system til å regulere miljøvirkninger fra marine oppdrettsanlegg etter bæreevnen i området (MOM). Systemet er beskrevet i Rapport nr 23, 1993, Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk, og består av tre integrerte deler: 1) grenseverdier for miljøvirkning (miljøstandarder), 2) et standardisert overvåkningsprogram som kan kontrollere miljøtilstand i forhold til miljøstandardene, og 3) en matematisk modell som kan beregne forventet påvirkning når nødvendige opplysninger om anlegg og lokalitet er gitt. Overvåkningsprogrammet består av tre typer undersøkelser: A, B og C. A-undersøkelsen er en enkel undersøkelse av det partikulære utslipp fra anlegget, og kan foretas av oppdretteren selv. B-undersøkelsen er en kartlegging av sedimentets tilstand under anlegget (nærsonen) gjennom en undersøkelse av en rekke sedimentvariabler. Disse gis poeng og vurderes samlet ved hjelp av skjema og diagram for å angi sedimentets tilstand. Denne kan ligge i en av fire kategorier: 1, 2, 3 eller uakseptabel, hvor skillet mellom kategoriene defineres i forhold til et sett av miljøstandarder. C-undersøkelsen er en faunaundersøkelse ved og utover fra anlegget, og en miljøstandard for akseptable fauna forhold foreslås.

## SUMMARY

MOM (Monitoring-Ongrowing fish farms-Modelling) is a management system which can relate the environmental impact from fish farms to the holding capacity of a site. The holding capacity is defined as the sediments ability to receive organic effluents without causing the benthic impact to exceed predefined levels. The system consists of three integrated parts: 1) environmental quality standards, 2) a standardized monitoring program for checking the environmental conditions on a site according to environmental quality standards, and 3) a mathematical model for predicting the expected environmental impact in relation to farm specifications and informations on the hydrography and topography of the site. MOM is described in the ICES report (C.M 1994/F:26): "Case histories and new approaches to planning and modelling in Norwegian mariculture" (Ervik and Kupka Hansen, 1994). The present report is a first version of the monitoring program and the environmental quality standards. A revised version will be published at the end of 1995.

We operate with three degrees of exploitation of a site, relating the benthic impact of the farm to the holding capacity of the site. A standard monitoring program consisting of three types of investigations (A, B and C) is carried out for each degree of exploitation, but the heavier the site is exploited the more frequent the investigations. The boundaries between the three degrees of exploitation are defined in relation to a group of benthic environmental quality standards.

The A-investigation is a simple sedimentation measurement to inform the fish farmer of possible excess feeding. The investigation can be performed frequently and by the farmers themselves.

The B-investigation is a simple and inexpensive measurement of a group of sediment variables (pH and redox potential; sediment colour, smell, consistency, accumulation of organic matter, methane bobbles, faecal pellet and food pellets, and whether macrofauna larger than 1 mm are present). Sediment is sampled from under the farm (the local impact zone) by cores from the farm gangway. pH and redox potentials are measured every two cm in the top 8 cm of the sediment core. A score is applied to the lowest measured pH value and the accompanying redox potential (page xii) and recorded in the table on page iv. By applying scores to each of the other sediment variables and then considering them together with the pH-redox potential scores in a standardized manner, a total evaluation of the sediment is obtained. The condition of the sediment will then fall into one of the four categories pictured on page xiv (sediment condition 1, 2 or 3 or unacceptable), corresponding to the three degrees of exploitation or unacceptable sediment conditions. The investigation will be performed frequently when the degree of exploitation is high and more seldom when it is low.

The C-investigation is a macro fauna (larger than 1 mm) study including abundance, number of species and abundance per species. It is performed close to the farm in the direction of the current and in the deepest spot within the recipient. No environmental quality standards have been applied to this investigation, but the results will be placed in one of the four categories (sediment condition 1, 2 or 3 or unacceptable) by evaluation, and special guidelines for determining acceptable conditions are given. The investigation is to be performed less frequently than the B-investigation, but in accordance with the same principles: the higher the degree of exploitation the more frequent the investigation.

## FORORD

MOM er et system som kan brukes til å regulere miljøvirkninger fra marine oppdrettsanlegg etter bæreevnen i området. Den foreliggende rapporten gir en første versjoner av brukerveiledning for overvåkningsprogrammet og forslag til miljøstandarder. De vil bli testet i løpet av 1995, og utprøvd i fullskala i 1996. På grunnlag av resultatene kan brukerveiledning og miljøstandarder bli justert i sluttrapporten.

Rapporten beskriver de enkelte elementene som inngår i overvåkningsprogrammet, men den tar ikke stilling til hvordan disse elementene skal settes sammen. Det er skissert i en tidligere rapport, og vil bli endelig fastlagt på grunnlag av utprøvingen.

MOM utvikles av Havforskningsinstituttet, men innlegget om C-undersøkelsen er laget av Universitet i Bergen, og "Veiledning for måling av pH og Eh" samt poengdiagram er laget av NIVA.

Det foreliggende kan brukes som veiledende ved miljøundersøkelser ved oppdrettsanlegg. Havforskningsinstituttet er interessert i rask tilbakemelding om de erfaringer som gjøres både om praktisk bruk og anvendelse av miljøstandardene.

## INNHold

Beskrivelse av MOM	Side	5
Soneinndeling	"	6
Fastsetting av miljøstandarder	"	8
Manual for overvåkning og fastsetting av miljøtilstand	"	10
A-undersøkelse	"	11
B-undersøkelse	"	12
C-undersøkelse	"	16
 Vedleggsdel	"	i
Vedlegg I Veiledning for skjema til B-undersøkelse	"	ii
Vedlegg II Skjema for B-undersøkelse	"	iv
Vedlegg III Veiledning for måling av pH og Eh	"	v
Vedlegg IV Skjema for pH og Eh	"	xi
Vedlegg V Diagram for poengavlesning for pH og Eh	"	xii
Vedlegg VI Diagram for vurdering av sedimentets tilstand	"	xiii



## BESKRIVELSE AV MOM

MOM er beskrevet i: "MOM (Modellering-Overvåkning-Matfiskanlegg). Et system for regulering av miljøvirkninger fra oppdrett", Rapport nr 23, 1993, Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk. Nedenfor er det gitt et sammendrag av rapporten.

MOM er et system som kan brukes til å regulere miljøvirkningene fra marine oppdrettsanlegg i forhold til bæreevnen i området. Det består av tre integrerte deler:

- grenseverdier for miljøvirkning (miljøstandarder)
- et standardisert overvåkningsprogram som kan kontrollere miljøtilstand i forhold til miljøstandardene.
- en matematisk modell som kan beregne forventet påvirkning når nødvendige opplysninger om anlegg og lokalitet er gitt

Hovedvekten legges på påvirkning på bunnen under og nær anleggene, men MOM omfatter også vannkvaliteten i merdene og påvirkning utover i resipienten.

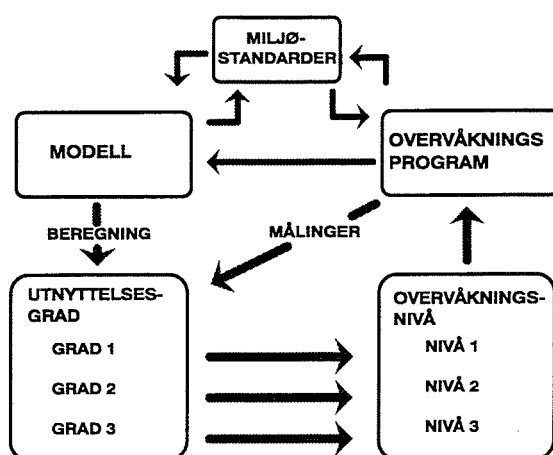
Følgende begreper er sentrale:

- **bæreevne** - angir hvor stor produksjon man kan ha pr areal overflate på en gitt lokalitet uten at bunnpåvirkningen overskrider fastsatte grenseverdier
- **utnyttelsesgrad** - angir hvor stor påvirkningen er i forhold til bæreevnen
- **overvåkningsnivå** - angir hvor omfattende overvåkning som er nødvendig for å sikre at grenseverdiene ikke overskrides.
- **miljøtilstand** eller **tilstand** - angir hvor påvirket miljøet er

MOM skiller mellom tre utnyttelsesgrader. Første grad betyr at påvirkningen er liten. Ved tredje grad ligger påvirkningen opp mot grensen for det som kan aksepteres. Påvirkning over dette kan følgelig ikke godtas. Skillet mellom de ulike utnyttelsesgradene defineres i forhold til et sett av miljøstandarder. Til hver utnyttelsesgrad hører et tilsvarende overvåkningsnivå. Overvåkningen er tilpasset påvirkningen. Den er liten dersom påvirkningen er liten, men er mer omfattende dersom anlegget påvirker omgivelsene mye. Overvåkningsprogrammet er satt sammen av tre typer undersøkelser, A, B og C, som utføres med ulik frekvens i de ulike overvåkningsnivåene. A-undersøkelsen gir opplysninger om partikulære utslipp fra anleggene og overføring, og B- og

C-undersøkelsene gir informasjon om miljøtilstand i sedimentene.

Bruken av MOM er illustrert i figur 1. Utnyttelsesgraden og overvåkningsnivået fastsettes i første omgang enten ved hjelp av modellen eller på grunnlag av en innledende undersøkelse. Resultatene fra den rutinemessige overvåkingen vurderes i forhold til miljøstandardene for det angitte nivået, og dersom de ikke samsvarer, justeres utnyttelsesgrad og overvåkningsnivå.



Figur 1 Oversikt over virkemåten for MOM. Utnyttelsesgraden bestemmes først på grunnlag av beregning eller innledende undersøkelse, og kan seinere justeres på grunnlag av resultatene fra overvåkingen.

*(An outline of the MOM system. The degree of exploitation is determined by the model or through an initial survey and can later be adjusted based on the results from the monitoring)*

## SONEINNDELING

Utslippene fra et oppdrettsanlegg består av store partikler (spillfôr, intakte fekalier), svevepartikler (fôrstøv, knuste fekalier) og oppløste stoffer (næringssalter, organiske stoffer etc). Disse utslippene har forskjellig spredningspotensiale, og påvirker vannmassene og bunnen i ulik avstand fra anlegget. Rundt oppdrettsanlegg danner det seg derfor forskjellige påvirkningssoner. Soneinndelingen er forklart i tabell 1. Tabellen gir også opplysninger om dominerende påvirkning og påvirkningskilde, hvilke undersøkelser som inngår i overvåkingen og hvilke miljøstandarder som kommer til anvendelse.

Tabell 1 Oversikt over soneinndelingen i MOM. Tabellen forklarer også dominerende påvirkning og påvirkningskilde, samt hvilke undersøkelser som inngår i overvåkningen og hvilke miljøstandarder som brukes. (*Investigation types in the three impact zones*).

	Nærsone	Overgangssone	Fjernsone
<b>Definisjon</b>	Område under og nær anlegget der storparten av spillfôret sedimenterer. Nærsonen strekker seg normalt 5 til 15 m fra anlegget	Område utenfor nærsonen der bunnen i hovedsak belastes av svevepartikler (fôrstøv og rester av fekalier) og av stoff som virvles opp under anlegget. Utbredelsen av overgangssonen varierer med strøm og bunnform, men den vil normalt ikke strekke seg lenger enn 100 - 150 m utenfor nærsonen	Område utenfor overgangssonen.
<b>Dominerende påvirkning</b>	Store endringer i kjemiske (pH, Eh) og biologiske variabler (bakterieflora, faunastruktur) i bunnen, reduserte oksygen- og forhøyde ammoniummengder i vannet	Mindre endringer i kjemiske (pH, Eh) og biologiske variabler (bakterieflora, faunastruktur) i bunnen	Økt primærproduksjon og økt oksygenforbruk i dypvannet
<b>Påvirknings-kilde</b>	Miljøforholdene er totalt dominert av oppdrettsanlegget	Oppdrettsanlegget er hovedpåvirker, men andre påvirkere kan ha betydning	Oppdrettsanlegg en blant mange påvirkere
<b>Overvåkning</b>	A-, B- og C-undersøkelse	C-undersøkelse	Generell kystovervåkning, C-undersøkelse
<b>Miljøstandarder</b>	A-undersøkelse - ingen B-undersøkelse - MOM C-undersøkelse - SFT "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann"	SFT "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann"	SFT "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann"

## FASTSETTING AV MILJØSTANDARDER

Grunnlaget for miljøstandardene er at lokalitetene skal tåle langtidsbruk uten å forringes utover aksepterte grenser, og at påvirkningen ikke skal være større enn at bunndyr kan leve under anleggene. Tabell 1 gir en oversikt over hvilke standarder som brukes for de ulike undersøkelsene og i de forskjellige påvirkningssonene.

A-undersøkelsen består av måling av sedimentasjonsrate under merdene, og innen MOM er det ikke relevant å fastsette standard.

For B-undersøkelsen fastsettes miljøtilstand ved et sett sedimentparametere. Disse parametrene samles i tre grupper; **gruppe 1** (fauna), **gruppe 2** - (pH og Eh) og **gruppe 3** (bobler, sedimenttykkelse, lukt, konsistens, farge og forekomst av fôrpellets og fekalier). Sedimenttilstanden fastsettes først separat for hver gruppe. Deretter brukes disse sedimenttilstandene til å fastsette lokalitetens tilstand. I utprøvingen av MOM må miljøstandardene for de enkelte gruppene justeres slik det blir best mulig overensstemmelse mellom de.

For gruppe 1 - fauna - settes øvre grense for akseptabel påvirkning lik den påvirkning der bunndyrene forsvinner. Når bunndyrene graver eller pumper vann ned i gangene sine, transporteres oksygen ned i sedimentet. Stoffer som hydrogensulfid og ammonium blir da oksidert. Forsvinner dyrene, øker mengden hydrogensulfid rask, forgifter sedimentet og kan også trenge ut i vannet. Et slikt sediment har vanligvis langsom omsetning og er vanskelig å rekolonisere. Det lett å fastslå om det er bunndyr til stede, og bunndyrene er viktig bytte for andre dyr og fisk. Bunndyrene knytter også sammen B- og C-undersøkelsene.

Gruppe 2 - pH og Eh (redoks potensial) gir hver for seg, men særlig sammen, en målbar vurdering av sedimenttilstanden. Jo mer belastet sedimentet er, jo lavere er pH og Eh. Målingene kan vektlegges og derpå knyttes til forskjellige sedimenttilstander.

Gruppe 3 - bobler, sedimenttykkelse, lukt, konsistens, farge og forekomst av fôrpellets og fekalier - sammenfatter et sett av parametre som er vanskelige å måle eksakt. De vurderes derfor etter en skala og vektlegges etter betydning. Bobler viser at det er høy anoksisk aktivitet i sedimentet, noe som er uønsket. Sedimenttykkelsen gir direkte informasjon om akkumulering av organisk stoff. Jo tykkere laget er, jo mer påvirket er lokaliteten. Dyrene som lever i sedimentet forsvinner når tykkelsen overstiger 8 til 10 cm. På samme måten som bobler forteller lukt og farge hvilke nedbrytningsprosesser som dominerer. Lukt av hydrogensulfid betyr at

sedimentet er sterkt belastet. Slikt sediment vil normalt være svart eller brunt. Organisk sediment har høyt vanninnhold og løs konsistens, mens det opprinnelige sedimentet under oppdrettsanlegg vanligvis er fast. Løst sediment kan derfor bety at bunnen er sterkt påvirket, eller at anlegget er lagt over mudderbunn som er følsom for organisk belastning.

Sluttvurderingen av sedimentet ved B-undersøkelsen bestemmes av kombinasjonen av verdiene fra de forskjellige parametrene, og ikke på grunnlag av hver enkelt parameter. Hermed får man en vurdering av sedimentetstilstand som tar hensyn til helhetsbildet i stedet for standarder for hver parameter.

Ved C-undersøkelsen fastsettes miljøtilstand på grunnlag av SFTs "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" modifisert for fiskeoppdrett.

## MANUAL FOR OVERVÅKNING OG FASTSETTING AV MILJØTILSTAND

Den foreliggende versjonen tar utgangspunkt i standard kompaktanlegg, der merdene ligger på begge sider av en midtgang som er plassert over bløtbunn og på dyp mindre enn 60 m. En seinere versjon vil inkludere andre anleggstyper og større dyp. Alt utstyr som flyttes mellom anlegg skal desinfiseres på forsvarlig måte.

Tre undersøkelser utføres med varierende interval:

A-undersøkelsen	Side 11
B-undersøkelsen	" 12
C-undersøkelsen	" 16

## **A-UNDERSØKELSE**

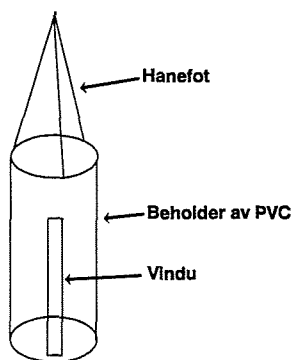
Undersøkelsen går ut på å måle mengden store partikler (spillfôr og fekalier) som kommer ut fra anlegget. Målingene gjøres ved hjelp av det henges opp en oppsamler under hver av to merder.

**Mål**            Å gi oppdretter opplysning om partikkel-utslippet fra anlegget og tilbakemelding om overfôring

**Personell**      Oppdretter

**Parametre**    Sedimenteringsrate av spillfôr og fekalier

**Utstyr**           Oppsamler for spillfôr og fekalier (figur 2), diameteren bør være minimum 10 cm og forholdet mellom diameter og høyde 1:5



Figur 2.  
Oppsamler for spillfôr og fekalier.  
(Trap for food- and faecal pellets)

### **Sted for prøvetaking**

Oppsamler henges 3 m fra notbunnen midt under noten på den merden som inneholder mest fisk, og på en som inneholder middels mengde fisk.

### **Prøvetaking**

- 1) En gang hver måned skal mengden avfall (mm avsetning i samleren) måles over 5 dager. Mengde og tidspunkt noteres i journal for internkontroll.
- 2) Avfallet fjernes fra anlegget.

### **Vurdering av resultatene**

Resultatene vil fortelle oppdretteren om han overfôrer, og hvordan utslippene varierer gjennom året.

**B-UNDERSØKELSE**

Undersøkelsen går ut på å klargjøre hvordan bunnforholdene er under anlegget. Dette gjøres ved å hente opp sedimentprøver som undersøkes på stedet. Prøvene tas med kjerneprøvehenter, der et rør presses ned i bunnen og lukkes slik at sedimentet (kjerneprøven) kan bringes opp. Sedimentprøver tatt med håndgrab vil bli behandlet i en seinere rapport.

**Mål**            Å kartlegge miljøtilstand i bunnen i nærsone

**Personell**     Kvalifisert personell som har gjennomgått kurs

**Parametre**

Fauna:            Kvalitativ undersøkelse der forekomst eller fravær av dyr påvises etter at sedimentet er siktet gjennom 1 mm sikt.

pH og Eh:        Kvantitativ undersøkelse der verdiene måles med elektrode i oppsnittet kjerneprøve.

Sedimenttykkelse:            Kvantitativ undersøkelse der verdiene deles i skala fra 0 til 4.

Lukt, farge, konsistens:        Semikvantitativ undersøkelse, verdiene vurderes etter skala fra 0 til 4.

Bobler, fôrpellets, fekalier:    Kvalitativ undersøkelse der fravær eller forekomst påvises i intakte kjerneprøver.

**Utstyr**

Innsamling:    Kjerneprøvehenter med 6 utskiftbare rør  
                       12 gummikorker til rør  
                       Stativ for oppbevaring av rør  
                       Lettvinsj med stativ  
                       Bøtte for oppsamling av avfallssediment  
                       Stempel med utstyr for oppsnitting av sediment i forbindelse med pH og Eh målinger

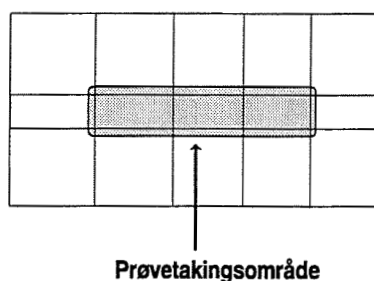


Måling: pH-meter med pH- og redokselektrode (Eh)  
 1 mm sikt for sikting av prøver i forbindelse med påvisning av bunndyr  
 Lineal

Desinfisering: Desinfeksjonsvæske oppbevart i plastbeholder med lokk

### **Sted for prøvetaking**

Prøvene tas fra gangbroen innen det området som er skravert i figur 3. Merdene på begge ender av anlegget utelates fra prøveområdet. Om mulig tas 6 prøver på ulike steder, og noen skal tas ved de merdene som inneholder mest fisk.



Figur 3      Område for prøvetaking fra kompaktanlegg.  
 (Sampling area (shaded) on the fish farm)

### **Prøvetaking**

Under arbeidet må prøvene hele tiden behandles forsiktig slik at sediment ikke virvles opp inne i rørene. Avfallssediment skal ikke tømmes i anlegget, men oppsamles i bønne .

- 1) Vinsj monteres på gangbro
- 2) Kjerneprøve tas. Før den nederste delen av kjerneprøvehenteren kommer opp over vannoverflaten, settes en kork i bunnen av røret, slik at prøven ikke faller ut når den løftes ut av vannet
- 3) Røret plasseres oppreist i stativet, fylles med vann og korkes på toppen
- 4) Kjernen flyttes forsiktig til stedet der målingene skal foregå

### **Undersøkelse av prøve**

Prøvene undersøkes som forklart i "Veiledning for skjema for B-undersøkelsen" (Vedlegg I) og resultatene føres inn i "Skjema for B-undersøkelsen" (Vedlegg II). Variablene undersøkes i følgende rekkefølge:

- 1) Forekomst av bobler i sedimentet registreres
- 2) Tykkelse av slamlag (deponert organisk stoff fra anlegget) måles med lineal
- 3) Forekomst av fôrpellets og fekalier registreres
- 4) Sedimentets farge registreres
- 5) pH og Eh måles som beskrevet i egen veiledning (Vedlegg III)
- 6) Lukt og konsistens registreres
- 7) Sedimentet siktes og forekomst av dyr registreres

### **Vurdering av resultatene**

"Skjemaet for B-undersøkelsen" (Vedlegg II) er nå utfylt så nær som de to siste kolonnene: **Indeks** og **Tilstand** (det er ved hjelp av disse man kan bestemme lokalitetens tilstand).

**Indeks** (annen siste kolonne) beregnes slik:

Gruppe 1 (Fauna): Summen av antall prøver med fauna (+) og summen av antall prøver uten fauna (-) føres inn i "Indeks" kolonnen i skjemaet

Gruppe 2 (pH/Eh): Summen av poengene for kjernene føres inn i "Indeks" kolonnen i skjemaet

Gruppe 3 (andre sedimentparametre): Summen av poengene i raden "Sum" nederst i skjemaet føres inn i "Indeks" kolonnen.

**Tilstand** (siste kolonne) fastsettes slik:

Gruppe 1 (Fauna): Hvis indeksen viser at minst halvparten av kjerneprøvene inneholder dyr, er tilstanden akseptabel og en **A** noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1. Dersom indeksen viser at under halvparten av kjerneprøvene inneholder dyr, er tilstanden uakseptabel og en **U** noteres.

Gruppe 2 (pH/Eh): Antallet av kjerner plottes mot indeksen i "Diagram for vurdering av sedimenttilstanden" (Vedlegg VI) og tilstanden avleses på høyre y-akse og noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 2.

Gruppe 3 (andre sedimentparametre): Antallet av kjerner plottes mot indeksen i "Diagram for vurdering av sedimenttilstanden" (Vedlegg VI) og tilstanden avleses på venstre y-akse og noteres ved SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3.

På grunnlag av de tilstandene som er fastsatt for gruppe 1, 2 og 3 fastsettes LOKALITETENS TILSTAND. Fordi tilstandene for de enkelte gruppene vektlegges forskjellig, brukes følgende prosedyre:

- I. *Dersom gruppe 1 (fauna) angir akseptabel tilstand (A)*: Hvis gruppe 2 og 3 angir samme tilstand, settes LOKALITETENS TILSTAND lik denne. Dersom gruppe 2 og 3 angir forskjellig tilstand, settes LOKALITETENS TILSTAND lik tilstanden i gruppe 2. Ett

unntak er at dersom gruppe 3 viser uakseptabel, skal LOKALITETENS TILSTAND settes som uakseptabel.

- II. *Dersom gruppe 1 (fauna) angir uakseptabel tilstand (U)*, kan dette skyldes enten dårlig tilstand, eller at bunndyrene ikke har kommet med i prøvene. Dersom gruppe 2 eller 3 angir tilstand 3 eller uakseptabel, settes LOKALITETENS TILSTAND som uakseptabel. Dersom gruppe 2 og 3 angir tilstand 1 eller 2, settes LOKALITETENS TILSTAND lik tilstanden i gruppe 2.

LOKALITETENS TILSTAND angir den endelige bedømmelsen av bunnen under oppdrettsanlegget og "Skjema for B-undersøkelsen" er ferdig utfyllt.

## **C-UNDERSØKELSE**

Undersøkelsen skal gi en inngående kartlegging av bunnforholdene ved anlegget og utover fra anlegget. Dette gjøres ved en analyse av bunndyrsamfunnet, som er antatt å gi de sikreste opplysningene om forholdene.

**Mål**                      Å kartlegge miljøtilstanden i bunnen nær anlegget og i følsomme områder i resipienten

**Personell**                Spesialist

### **Parametre**

Fauna:                      Kvantitativ og kvalitativ undersøkelse av bunndyrsamfunn for dyr større enn 1 mm

Glødetap:                      Måling av den relative mengden av organisk materiale i sedimentet

Kornfordeling:                Måling av relativ andel av leir, silt, sand og grus i sedimentet

Oksygeninnhold:              Måling av oksygeninnhold i vannsøylen

Visuell beskrivelse:          Karakterisering av sedimentet på grunnlag av farge, lukt, fekalier og fôrpellets

### **Utstyr**

Innsamling:                  Grabb med åpning på 0,1 eller 0,2 m<sup>2</sup>  
Sikter med runde hull (diameter 1 mm)  
4 % nøytralisert formalin for konservering av siktede prøver  
Vannhenter og utstyr for Winkler-analyse  
Evt. sonde for oksygenmåling

### **Sted for prøvetaking**

Ett sett prøver tas så nær anlegget som mulig, og ett i det dypeste partiet i området, uavhengig av om det kommer i nær-, overgangs- eller fjernsonen. Det første settet skal være representativt for påvirkningene nær anlegget, den andre skal avdekke den største påvirkningen av resipienten. Dersom de innsamlede prøvene gir inntrykk av dårlige miljøforhold, skal det tas prøver fra et område som ligger mellom anlegget og det dypeste partiet. Posisjon og dyp noteres for hvert innsamlingssted, og markeres på kartskisse sammen med anleggets plassering.

### **Prøvetaking**

Fra hvert innsamlingssted tas 2-3 grabbhugg til bunndyrsundersøkelsene. Fra den første grabben på hvert sted for prøvetaking tas det prøver til undersøkelse av glødetap og partikkelfordeling. Dersom bunnen er sterkt belastet med sterk lukt av hydrogensulfid og uten dyreliv, tas bare ett grabbhugg til måling av glødetap og partikkelfordeling. Volumet av prøven måles og sedimentet vaskes over rist med hulldiameter 1 mm. Ristfanget konserveres i 4 % formalin nøytralisert med boraks.

### **Undersøkelse av prøve**

- 1) Faunastruktur bestemmes ved at dyrene klassifiseres (helst til art) og telles.
- 2) Glødetap bestemmes som vekttapet av prøven mellom tørking ved 105 °C i ca. 12 timer og brenning ved 550 °C i 1 time. Glødetapet oppgis i %.
- 3) Partikkelfordeling bestemmes ved at prøver løst i vann siktes gjennom 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm tørkes og tørrsiktet. For partikler mindre enn 0,063 mm anvendes pipetteanalyse.

### **Vurdering av resultatene**

Resultatene vurderes i henhold til SFT-veiledning 93:02 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann". Dersom det foreligger resultater fra lignende undersøkelser fra tiden før etablering av oppdrettsanlegget, sammenlignes disse med de nye resultatene når effekten av anlegget skal anslås. I visse tilfeller er SFTs veiledning lite egnet til å anslå miljøtilstand. Dette gjelder spesielt når det er relativt få arter med jevn individfordeling i prøvene. I slike tilfeller

gjøres vurderingen på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen som skissert nedenfor.

Minste krav til akseptable miljøforhold settes til:

- a) Minst 5 arter av makrofauna ( $> 1$  mm) utenom Nematoda i et prøveareal på  $0,2 \text{ m}^2$ .
- b) Mer enn 20 individer utenom Nematoda i et prøveareal på  $0,2 \text{ m}^2$ .
- c) Ingen av artene må ha mer enn 90 % av det totale individ-antallet i prøvene.

Oksygeninnholdet i bunnvannet må vurderes utfra årstiden for prøveinnsamlingen og topografiske forhold i lokaliteten. Sedimentkarakteristikken er først og fremst et hjelpemiddel i vurderingen av de øvrige resultatene. Det utarbeides en rapport med faglig vurdering som skal inneholde alle originaldata.

**VEDLEGGSDDEL**

VEDLEGG	I	Veiledning for skjema for B-undersøkelse	Side	ii
VEDLEGG	II	Skjema for B-undersøkelse	"	iv
VEDLEGG	III	Veiledning for måling av pH og Eh	"	v
VEDLEGG	IV	Skjema for pH og Eh	"	xi
VEDLEGG	V	Diagram for poengavlesning for pH og Eh	"	xii
VEDLEGG	VI	Diagram for vurdering av sedimentets tilstand	"	xiii

## VEDLEGG I

### VEILEDNING FOR SKJEMA TIL B-UNDERSØKELSEN.

1. Kolonne (Gruppe) angir i prioritert rekkefølge de tre gruppene av parametre. Fauna er den sikreste parameteren, pH og Eh den nest sikreste, og parametrene i gruppe 3 de minst sikre. Denne prioriteringen er vesentlig når lokalitetens tilstand skal fastsettes.

2. Kolonne (Parameter) viser de variablene som blir undersøkt. De faller i tre grupper (som angitt i kolonne 1):

- 1) Bestemmelse av om det er dyr i sedimentet (Fauna).
- 2) Måling av pH og Eh (redokspotensial) i sedimentet.
- 3) Vurdering av flere forhold i sedimentet (bobler, tykkelsen av organisk avfall, lukt av hydrogensulfid, sedimentets konsistens og farge, og om det ligger fôrpellets eller fekalier på sedimentoverflaten).

3. Kolonne (Valg (Poeng)) angir vektleggingen av resultatene av måling eller vurdering av de ulike variablene. Jo lavere poeng, jo mindre påvirket er sedimentet. For fauna (Gruppe 1) angis om det er dyr til stede i prøven (Ja) som gir et +, eller om det ikke er dyr (Nei) som gir et -. pH og Eh (Gruppe 2) behandles som beskrevet nedenfor. For de andre sedimentparametrene (Gruppe 3) kan man velge mellom to eller tre alternativer. Ingen bobler i sedimentet (Nei) gir 0 poeng, mens bobler (Ja) gir 4 poeng. Tykkelsen av organisk avfall (slamlaget) på sedimentet måles. Hvis den er mindre enn 3 cm gir 0 poeng. Er den mellom 3 og 8 cm, gir 2 poeng, og er den over 8 cm, gir 4 poeng. Ingen lukt av hydrogensulfid gir 0 poeng, noe lukt gir 2 poeng og sterk lukt gir 4 poeng. Hvis sedimentet har fast konsistens, gir det 0 poeng, er det mykt, gir det 2 poeng og er sedimentet løst, gir 4 poeng. Løst sediment gir 0 poeng, dersom det er brunt eller sort, gir 2 poeng. Dersom det ikke finnes fôrpellets eller fekalier på sedimentoverflaten (Nei), gir det 0 poeng, dersom de til stede (Ja), gir 1 poeng.

4.-9. Kolonne (Kjerne nr.) må fylles ut av den som utfører undersøkelsen. Man vil vanligvis undersøke 6 kjerner på et anlegg. De målte verdiene av pH og Eh blir ført opp i eget skjema



(Vedlegg IV). Den laveste målte pH verdi i hver kjerne og den tilhørende Eh verdi noteres i skjemaet for hver kjerne. Poeng gis ut fra "Diagram for poengavlesning for pH og Eh" (Vedlegg V), og poengverdien noteres i raden "pH/ Eh". For hver av parametrene i gruppe 3 vurderes sedimentet og den poengverdi som svarer til vurderingen føres inn i skjemaet. Derpå summeres alle kolonnene i bunnen av skjemaet.

For å kunne bestemme sedimenttilstanden for de forskjellige gruppene samt lokalitetens tilstand benyttes framgangsmåten på side 14 ("Vurdering av resultatene").

## VEDLEGG II

Merknader skrives på baksiden

## SKJEMA FOR B-UNDERSØKELSEN

Lokalitet:

Konsesjonsnr.:

Gruppe	Parameter	Valg (Poeng)	Kjerne nr.						Indeks	Til-stand	
			1	2	3	4	5	6			
1	Fauna	Ja (+)									
		Nei (-)									
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 1											
2	Laveste pH	(pH-verdi)									
	Tilhørende Eh	(mV)									
	pH/Eh	(Vedlegg V)									
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 2											
3	Gass bobler	Nei (0)									
		Ja (4)									
	Tykkelse slamlag	0-2 cm (0)									
		2-8 cm (2)									
		>8 cm (4)									
	Lukt	Ingen (0)									
		Liten (2)									
		Sterk (4)									
	Konsistens	Fast (0)									
		Myk (2)									
		Løs (4)									
	Farge	Lys (0)									
		Brun (2)									
		Sort (2)									
	Fôrpellets	Nei (0)									
		Ja (1)									
	Fekalier	Nei (0)									
		Ja (1)									
Sum											
SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3											
LOKALITETENS TILSTAND											

Underskrift:

Dato:

## VEDLEGG III

### VEILEDNING FOR MÅLING AV pH OG Eh

#### Håndtering av kjerneprøver

Det er avgjørende for resultatet av målingene at prøvene tas på riktig sted og at de håndteres korrekt. Dette innebærer bl.a. at

- All oppvirvling av sediment før prøverøret stikkes ned i bunnen må unngås.
- Støt og brå bevegelser må unngås slik at sedimentet ikke virvles opp inne i rørene
- Kjernene må alltid oppbevares loddrett.
- Pass alltid på at proppene sitter godt fast.
- Kjernene oppbevares mørkt og kjølig, unngå oppvarming og direkte sol-lys.
- Målingene skal utføres raskest mulig etter prøvetaking.
- Kjernene skal aldri lagres til neste dag.

#### Opparbeiding av kjerneprøver

Kjernen med sedimentprøven festes til stativ. Nedre propp løsnes forsiktig og kjernen sklis over på stampelet. Øvre propp fjernes. Med stampelet presses kjernen oppover i røret til vannet er drenert vekk. Elektrodene stikkes ned til ønsket måledyp. pH og redokspotensialet avleses når verdiene er stabile eller etter et standardisert tidsintervall. Ved avlesinger i flere dyp, tas elektrodene ut, kjernen skyves opp i seksjoneringskoppen til ønsket nivå og snittes ved å føre en tynn plate inn mellom prøverøret og seksjoneringskoppen. Det avkuttete kjernesegmentet slippes ned i prøvebeger for seinere påvisning av dyr. Elektrodene skylles i sjøvann, vanndråpe fjernes med trekkpapir og elektrodene skyves ned gjennom den blottlagte snittflaten til neste måledyp.

#### Måleutstyr

Til pH-målingene kan brukes en vanlig glass-kombinasjonselektrode. Disse har høy presisjon, men de er lette å knuse, glass-overflaten slites i sandete sedimenter og saltbroen kan tettes pga utfellinger eller fine partikler. pH-elektroden koples til et vanlig felt-pH-meter med mulighet for avlesning av to desimaler.

Et godt alternativ kan være den nye såkalte ISFET (Ion Specific Field Effect Transistor) pH sensor teknologien. Presisjonen er god nok, sensoren er robust, uten saltbro, vedlikeholdsfri og kan lagres tørt. Erfaring med bruk av denne teknologien er foreløpig relativt begrenset.

Redokspotensialet måles med platina-elektrode. Som referanse elektrode kan en bruke den interne elektroden i pH-kombinasjonselektroden. En kan da klare seg med ett avlesingsinstrument som har både pH- og mV-funksjon. Elektrodene må kobles til avlesingsinstrumentet via en elektrodetryter, men slike brytere er ikke vanlige på det kommersielle markedet. Alternativt kan brukes eget avlesingsinstrument tilkople en redoks elektrode og en referanse elektrode eller en redoks kombinasjonselektrode. AglAgCl (sølv-sølvklorid) referenseelektroder er mindre temperaturfølsomme og derfor bedre egnet enn kalomel referenseelektroder.

En anbefalt løsning kan være å bruke separat pH-meter med glass kombinasjons elektrode eller ISFET pH meter med tilhørende sensor for pH-målingene. Redoksmålingene gjøres med eget pH/mV-meter tilkople platina-elektrode (f.eks. Radiometer P101) og AglAgCl referanse elektrode (f.eks. Radiometer K801). Begge løsningene anbefales etter utprøving i felt. Vi har minst erfaring med ISFET sensoren, men den er enkel å bruke og meget robust.

### **Kalibrering og måling av pH**

Før målingene begynner må pH kalibreres mot to buffere. Følg bruksanvisningen som følger med instrumentet. Det er mest vanlig å bruke buffere med pH = 7,0 og pH = 4,0. Det bør være så lik temperatur som mulig i prøver og buffere. Temperaturen i bunnvannet under de fleste norske oppdrettsanlegg ligger på om lag 5-10°C. Dette er derfor anbefalt arbeidstemperatur ved kalibrering og måling. Hvis pH-meteret er utstyrt med temperaturkompensasjon, kompenseres for variasjoner mellom prøver og mellom prøver og buffer, men det kompenseres ikke for endringer av pH som følge av temperaturendring i prøven under lagring. Vi sier derfor at prøvene skal måles ved *in situ* temperatur, dvs den temperatur de har før de fjernes fra sjøbunnen.

Etter kalibreringen settes elektroden i sjøvann. Sjøvann har et langt høyere saltinnhold enn bufferløsningene. Dette forårsaker flere problemer, bl.a. at det tar lang tid før elektroden gir stabil pH-avlesing. En må derfor organisere arbeidet slik at elektrodene får stå minst en time i sjøvann

før målingene begynner. God omrøring kan korte ventetiden noe. Under målingene oppbevares og renses elektroden kun i sjøvann eller vann tilsatt 30 g vanlig koksalt per liter. Lange ventetider og stor tålmodighet må utvises dersom pH-elektroden flyttes mellom væsker med store forskjeller i saltinnhold.

pH i sjøvann er omtrent 8.0 og varierer lite. I bunnvannet kan pH være noe lavere, men er sjelden under 7.6-7.7. En bøtte med sjøvann kan derfor brukes som arbeidsbuffer i løpet av måleseansen. Dersom pH i en slik sjøvannsbuffer fra overflaten måles til mindre enn 7.9 eller større enn 8.2, skyldes det som oftest at elektroden ikke er kommet i balanse med den høyere ionstyrken eller feil ved kalibreringen. I så fall bør kalibreringen gjentas eller en bør undersøke om det er spesielle forhold (forurensning, algeoppblomstring, ferskvannstilførsel) i nærheten av det stedet sjøvannet ble hentet fra.

Det skal ikke være nødvendig å rekalkibrere elektroden mellom målingene. Elektroden bør sjekkes regelmessig, f.eks. hver 1/2 time, i sjøvannsbufferen. Dersom det på denne måten oppdages systematisk drift, kan resultatene korrigeres etter at målingene er avsluttet. Hvis det oppstår større avvik enn 0.2 pH-enheter fra den verdien som ble målt første gang, bør en vurdere å rekalkibrere elektroden.

Ustabile avlesinger av pH kan skyldes dårlig batteri, fuktighet eller korrosjon i koblinger, at saltbroen ikke er dekket av prøven, statisk elektrisitet eller støy fra nærliggende elektriske installasjoner. Hvis ingen feil kan finnes er sannsynligvis saltbroen tett og det må byttes til reserve elektrode.

### **Teori for redoks målinger**

Teoretiske tolkninger av potensialer målt med platina-elektroder fører vanligvis galt av sted. Parameteren har sin store betydning først og fremst fordi den kan knyttes empirisk til en miljøgradient. I det marine miljø varierer potensialene fra +400 mV i godt luftet overflatevann til -200 mV i overbelastede sedimenter eller bunnvann i fjorder og poller med dårlig vannutskifting.

### **Noen definisjoner**

Cellepotensialet  $E_{\text{celle}}$  er den spenningen som måles med et millivoltmeter koplet inn i en krets med en indikator elektrode og en referanse elektrode forbundet med prøven. Det er sammensatt av halvcellepotensialene på indikator elektrodene ( $E_{\text{ind}}$ ) og referenseelektroden ( $E_{\text{ref}}$ ) slik at:

*Ligning 1* 
$$E_{\text{celle}} = E_{\text{ind}} - E_{\text{ref}}$$

Dersom indikator elektrodene er laget av et kjemisk inert materiale, som f.eks. platina, gull eller grafitt, er halvcellepotensialet  $E_{\text{ind}}$  det samme som redokspotensialet eller  $E_h$ . Ved erstatning av  $E_{\text{ind}}$  med  $E_h$  og omorganisering av Ligning 1 fås:

*Ligning 2* 
$$E_h = E_{\text{celle}} + E_{\text{ref}}$$

Ligningen viser at referanse elektrodens halv-celle potensial må legges til det avleste cellepotensialet for å få redokspotensialet.  $E_{\text{ref}}$  er avhengig av elektrodetype og hva slags løsning elektrodene er fylt med. Leverandøren av elektrodene skal kunne opplyse om verdien av  $E_{\text{ref}}$  ved ulike temperaturer. Det finnes løsninger med veldefinert  $E_h$ , men det anbefales å bruke den gitte verdien for  $E_{\text{ref}}$ .

Med andre ord, redokselektroden skal ikke kalibreres. Dersom det oppstår tvil om hva slags referanse elektrode en har eller om det er feil på instrument eller elektroder, kan oppsettet kontrolleres i en redoks standard løsning. Slik kontroll bør alltid foretas før og etter en måleserie.

### **Måling av redoks potensialer**

Responstiden, eller den tiden det tar før instrumentet viser en stabil verdi, kan være meget lang for denne type elektroder. Dette er et problem som kan forårsake mye frustrasjon og tvil hos den som skal utføre målingene. Dersom det forutsettes at en har maksimum 4-5 minutter til rådighet per prøve, er det om å gjøre å etablere rutiner som gir mest mulig reproducerbare resultater innenfor dette tidsrom.

Responstiden vil være avhengig av hvilke elektroder som benyttes så vel som av komponenter

i prøvene. Vanligvis oppnås 90% av den endelige verdien i løpet av 1-2 minutter. Dersom en tillater en drift på inntil 0.2 mV per sekund i avlesingsøyeblikket, vil en i de aller fleste tilfeller kunne avlese et redokspotensial innenfor  $\pm 50$  mV i forhold til sann verdi, i løpet av 4-5 minutter.  $\pm 50$  mV tilsvarer den absolutte usikkerhet som oppgis i litteraturen for målinger av redoks potensial i naturlige prøver.

I spesielle situasjoner vil selv ikke et såvidt “snilt” krav til drift oppnås i løpet av 4-5 minutter. Dette er særlig aktuelt ved måling av sulfid-frie prøver etter en prøve som inneholdt sulfid. Platina-elektroden kan “huske” sulfid i flere timer etter eksponering i en sulfidholdig prøve. Dette kan føre til at prøver som før sulfid-eksponeringen ble målt til en  $E_h$  på 400 mV, gir 100-200 mV lavere potensialer dersom målingen gjentas etter at elektroden har vært i kontakt med  $H_2S$  og potensialet avleses innenfor den maksimalt akseptable ventetiden på 5 minutter. Dersom en alltid begynner målingene med en sulfidholdig prøve, eventuelt sjøvann tilsatt en liten krystall natriumsulfid ( $Na_2S$ ), reduseres måleområdet noe i øvre ende, men det oppnås bedre reproducerbarhet over hele måleområdet.

**Prosedyre for måling av redokspotensial**

1. Alle elektrodene monteres i en elektrodeholder (f.eks. en bred propp med trange hull) slik at sensorene kommer i nøyaktig samme nivå og slik at de kan føres loddrett ned i kjernen.
2. Elektrodeholderen festes til et stativ på en måte som tillater fri vertikal bevegelse, fortrinnsvis vha av skruejekk, men vanlig klemme kan også benyttes.
3. Kontroller at redoks elektroden gir korrekt potensial i en redoks standard løsning (avvik fra oppgitt verdi bør ikke være større enn 10 mV).
4. Kalibrer pH elektroden i 2 buffere, vanligvis pH 7.0 og 4.0. Følg bruksanvisning for instrumentet. Avkjøl bufferne til samme temperatur som det er i prøvene ( $\pm 5^\circ\text{C}$  er akseptabelt i denne sammenheng). Benytt kaldt vann, kjeller, kjøleskap, is o.l.
5. Sett elektrodene i et beger med friskt sjøvann. La stå til pH viser stabil verdi i området 7.9 - 8.2. Litt kraftig røring av og til kan korte ventetiden.
6. Dersom en på forhånd vet at det er sulfid i en av prøvene som skal måles, måles denne først.  
**Unngå innånding av  $\text{H}_2\text{S}$ -gass, sørg for god ventilasjon i rommet der målingene utføres.**
7. Stikk elektrodene forsiktig ned i sedimentet slik at sensorene står 5-15 mm under sedimentvann grenseflaten. Avles pH ved stabil verdi. Avles potensialet på platina elektroden når drift er mindre enn 0.2 mV per sekund. Dersom dette ikke oppnås i løpet av fem minutter avleses verdien. Noter i "Skjema for pH og Eh" (Vedlegg IV). Marker gjerne drift med pil opp eller ned etter tallet.
8. Ta ut elektrodene og sett i sjøvann mens kjernen forberedes for neste måling.
9. Skyll elektrodene med sjøvann. Tørk av dråpen med adsorberende papir.
10. Kjernene snittes i 2 cm seksjoner så langt det lar seg gjøre. Elektrodemålinger utføres således i dyp 1 cm, 3 cm, 5 cm osv..
11. Hver 1/2 time og etter avsluttet måleserie noteres pH i sjøvannsbufferen. Kontroller redoks elektroden i redoks standard løsning etter avsluttet måleserie.
12. Etter at målingene er avsluttet korrigeres for eventuell drift av pH i sjøvannsbufferen og referanse elektrodens halvcellepotensial legges til de avleste cellepotensialene.
13. Den laveste pH-verdi og tilhørende  $E_h$  fra hver enkelt kjerne noteres i "Skjema for B-undersøkelsen" (Vedlegg II).



## VEDLEGG IV

## SKJEMA FOR pH OG Eh

For hver kjerne måles pH og Eh i 1, 3, 5 og 7 cm dyp. Resultatene føres inn i skjemaet. Hvis det er ønskelig kan ekstra målinger føres inn i bunnen av skjemaet.

Kjerne nr.	1		2		3	
Dyp (cm)	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh
1						
3						
5						
7						

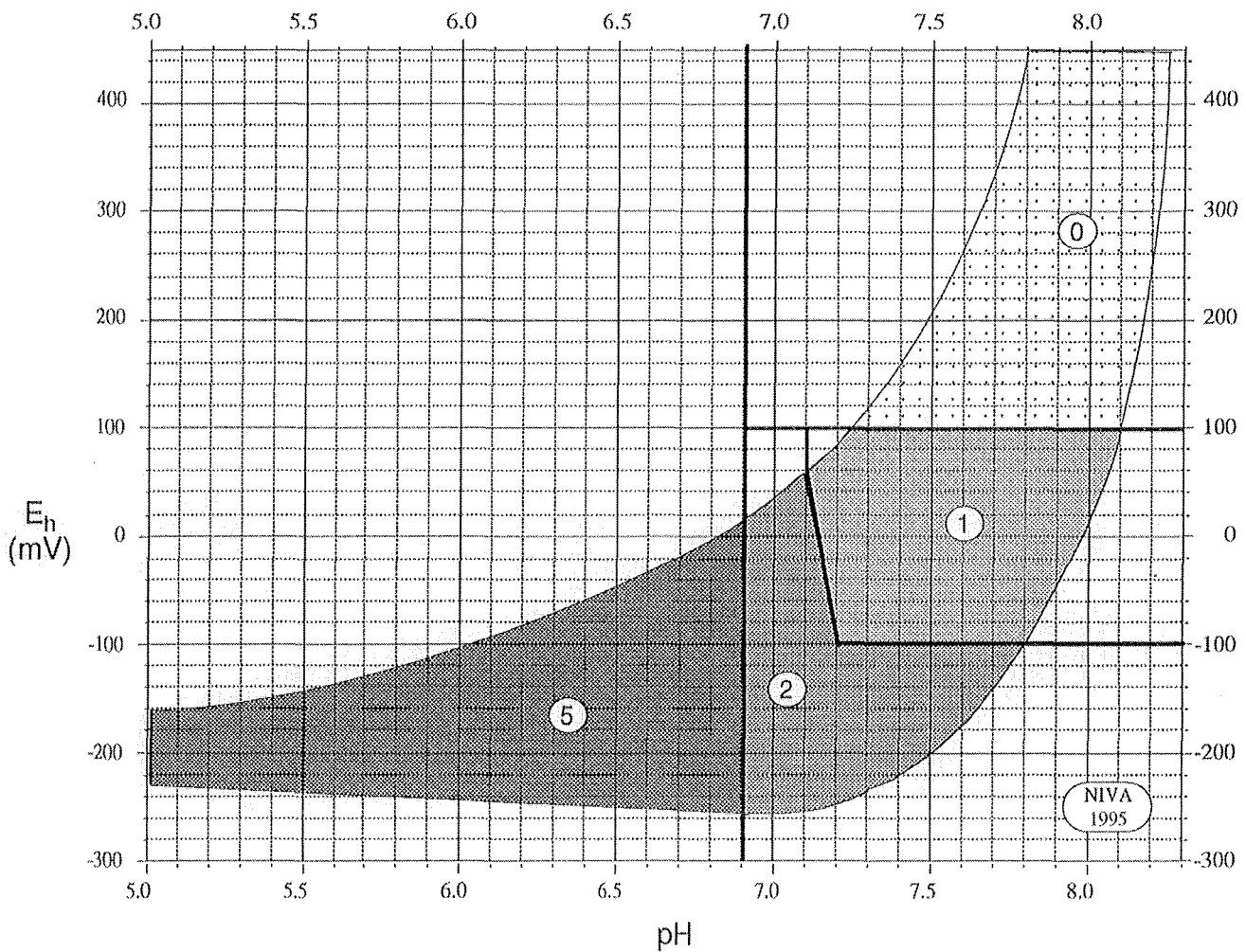
  

Kjerne nr.	4		5		6	
Dyp (cm)	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh
1						
3						
5						
7						

## VEDLEGG V

## DIAGRAM FOR POENGAVLESNING FOR pH OG Eh

Diagrammet viser sammenhengen mellom pH og Eh i sediment. Tallene i sirkler angir poengverdien for hver av de skraverte områdene. For hver kjerne settes pH-verdien samt den tilhørende Eh-verdi fra "Skjema for B-undersøkelsen" (Vedlegg II) inn i diagrammet, og poengverdien avleses og noteres under pH/Eh i "Skjema for B-undersøkelsen".



**VEDLEGG VI****DIAGRAM FOR VURDERING AV SEDIMENTETS TILSTAND**

Diagrammet brukes til å bestemme sedimentets tilstand ut fra både parametrene i gruppe 2 (pH og Eh) og gruppe 3 (andre sedimentparametre) (se "Skjema for B-undersøkelsen" Vedlegg II). Først teller man hvor mange kjerner man har undersøkt og finner tallet på x-aksen. Deretter ser man i "Skjema for B-undersøkelsen" og tar poengverdien fra "Indeks" kolonnen for pH/Eh og finner derpå tallet på diagrammets høyre y-akse ("Indeks" (pH og Eh)). Her faller punktet i en av de fire områdene og tilstanden i området noteres i "Skjema for B-undersøkelsen" hvor der står SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 2. Derpå tar man poengsummen fra ""Sum"/"Indeks" for gruppe 3 nederst i "Skjema for B-undersøkelsen", og finner tallet på diagrammets venstre y-akse ("Indeks" (andre sedimentparametre)). Det resulterende punkt på diagrammet vil ligge i en av de fire områdene og tilstanden i området noteres i skjemaet hvor der står SEDIMENTTILSTAND GRUPPE 3.

